

建設省正員○橋場克司

北海道大学工学部正員渡辺昇

北海道大学工学部正員林川俊郎

1. まえがき

従来の道路橋示方書では、吊橋の衝撃係数は考慮しないことになっているが、本研究では6本の実在橋の諸元を用いた計算結果から、道路橋吊橋の衝撃係数算定式を提案する。計算においては、吊橋上を荷重が走行するときの振動を Modal Analysis によって解析し、その動的増加率を連続支持と単純支持の2形式について求め、その結果から2つの支持状態に対する衝撃係数算定式を決定した。

2. 解析方法

動的たわみ $Y(x, t)$ は第 m 次の一般座標 $q_m(t)$ と固有関数 $\phi_m(x)$ を用いて次のように表わされる。

$$Y(x, t) = \sum_m q_m(t) \cdot \phi_m(x)$$

———— (/)

固有関数については、微分方程式法によって求め¹⁾ 次式で表わされる。

$$\phi_i(x) = A_i \cos\left(\frac{\mu_i x_i}{L_i}\right) + B_i \sin\left(\frac{\mu_i x_i}{L_i}\right) + C_i \cosh\left(\frac{\nu_i x_i}{L_i}\right) + D_i \sinh\left(\frac{\nu_i x_i}{L_i}\right) + \frac{g}{\omega^2} \frac{H_{pi}}{H_{wi}}$$

———— (2)

$$\mu_i = \sqrt{\frac{H_{wi} L_i^2}{2EI_i}} (Z_i - 1) \qquad \nu_i = \sqrt{\frac{H_{wi} L_i^2}{2EI_i}} (Z_i + 1) \qquad Z_i = \sqrt{1 + \frac{4w_i EI_i \omega^2}{H_{wi}^2 g}}$$

EI : 曲げ剛性 w : 分布死荷重 H_w, H_p : ケーブルの水平張力 ω : 固有円振動数

g : 重力加速度 L : 径間長 添字 i : 第 i 径間を示す。

$A \sim D$: 未知積分定数、これは境界条件によって決定される。

一般座標 q_m は運動方程式を解いて、Duhamel 積分を含む次式で表わされる。

$$q_m(t) = \frac{\int_0^t Q_m(\tau) \cdot \sin \omega_m(t-\tau) d\tau}{\omega_m \frac{w}{g} \int_0^L \left\{ \phi_m(x) \right\}^2 dx} + \alpha_m \cos \omega_m t + \beta_m \sin \omega_m t$$

———— (3)

ω_m : 第 m 次固有円振動数 V : 荷重の移動速度 α_m, β_m : 初期条件によって求められる

集中荷重の場合 外力項 $Q_m(t) = P \cdot \phi_m(V \cdot t)$ 積分定数

3. 数値計算

表一 / の径間長をもつ実在橋(三径間吊橋、片側二車線、道路橋)の諸元を用いて、連続、単純両支持状態における数値計算を行った。固有関数は10次まで用い、着目点は中央径間4分の1点、荷重の移動速度は 10m/s (36km/h)、20m/s (72km/h)、30m/s (108km/h)、40m/s (144km/h) の4種である。振動状態の一例として、3番の Ambassador 橋の2つの支持状態における時刻歴曲線を図一 /、図一2に示す。また6橋の各速度における動的増加率を中央径間長でまとめたものを図一3、図一4に示す。

これより、たわみ量は荷重の移動速度が大きくなるほど動的増加率が増加し、中央径間長が長くなるほど動的増加率が減少するのがわかる。

番号	橋名	中央径間	側径間
1	Peace River	283m	142m
2	Lions Gates	472m	187m
3	Ambassador	564m	249m
4	Delaware Memorial	655m	229m
5	因島大橋	770m	250m
6	南備養瀬戸大橋	1100m	260m

表一 /

— STATIC ---- 10 m/s - - - 20 m/s --- 30 m/s — 40 m/s

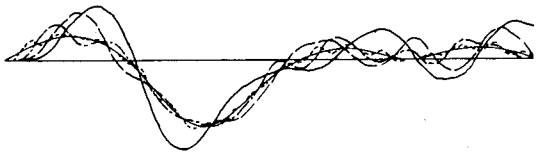


図-1 連続支持時刻歴曲線

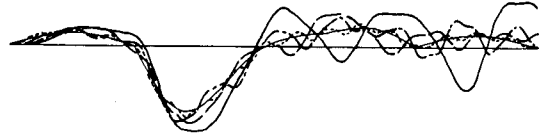


図-2 単純支持時刻歴曲線

4. 衝撃係数算定式

図-3、図-4より、道路橋吊橋であることから時速100km付近を想定して、次の衝撃係数算定式を提案する。

$$\text{連続支持} \quad i = \frac{120}{300+L} \quad \text{--- (4)}$$

$$\text{単純支持} \quad i = \frac{220}{400+L} \quad \text{--- (5)}$$

従来の道路橋示方書は、径間長が200m以下の橋梁に適用するもので、吊橋については桁の設計には衝撃を考慮しないことになっている。しかし、図-3、図-4からわかるように、径間長が短いほど動的増加率が大きくなるので、200m以下の吊橋に現在の示方書を適用するのは危険である。また仮に、鋼橋に対する衝撃の式 $i = 20/(50+L)$ を用いたとしても、図-5からわかるように提案式より小さく、200m以上の場合も200m以下の場合も吊橋に鋼橋の式を適用するのは危険である。

5. あとがき

実在橋6橋の計算結果によって、式(4)、式(5)を提案することは大胆であるかもしれないが、現在の示方書では吊橋の衝撃に対し危険であると思われたので、あえてここに示した。

ここに提案することによって、今後吊橋の衝撃に対し一層考慮されるようになれば幸いである。

なお、本研究の計算には北海道大学大型計算機センター HITAC M-200を使用した。

(参考文献)

- (1) 前田幸雄、林正、前田研一：吊橋の固有振動計算法、土木学会論文報告集、第262号、昭52. 6
- (2) 渡辺昇、林川俊郎：吊橋の固有振動解析に関する研究、土木学会北海道支部、第36号
- (3) 平井敦、伊藤学：長径間吊橋の活荷重による変形と衝撃
- (4) 小西一郎編：鋼橋 設計編
- (5) 平井敦：鋼橋
- (6) 日本鋼構造協会編：吊鋼造
- (7) Joseph Vellozzi: Vibration of suspension bridges under moving loads, Journal of the STRUCTURAL DIVISION, ASCE

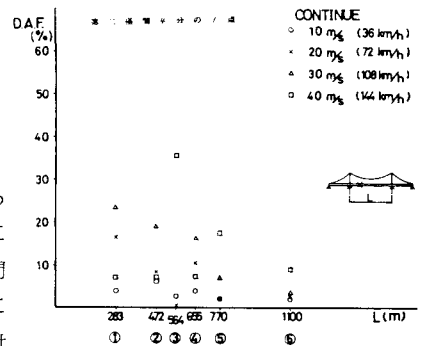


図-3 連続支持動的増加率

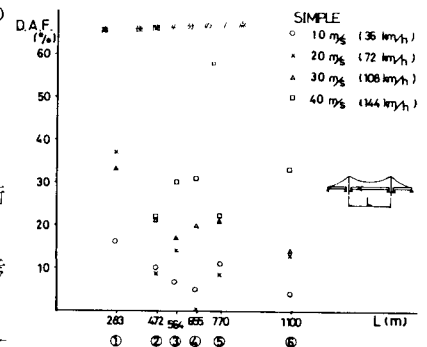


図-4 単純支持動的増加率

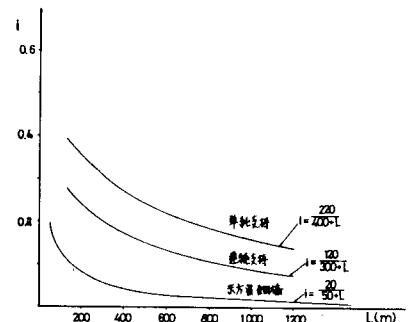


図-5 衝撃係数算定式